



(11) Veröffentlichungsnummer : **0 304 111 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**16.10.91 Patentblatt 91/42**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **F23C 11/02, B01J 8/38**

(21) Anmeldenummer : **88201643.9**

(22) Anmeldetag : **30.07.88**

(54) Verfahren zur Durchführung exothermer Prozesse.

(30) Priorität : **31.07.87 US 80424**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**22.02.89 Patentblatt 89/08**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung :  
**16.10.91 Patentblatt 91/42**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**AT BE DE ES FR GB IT NL SE**

(56) Entgegenhaltungen :  
**EP-A- 0 082 673**

(56) Entgegenhaltungen :  
**FR-A- 2 328 507**  
**US-A- 4 424 766**  
**US-A- 4 434 726**  
**US-A- 4 709 662**

(73) Patentinhaber : **METALLGESELLSCHAFT AG**  
**Reuterweg 14 Postfach 3724**  
**W-6000 Frankfurt/M.1 (DE)**

(72) Erfinder : **Beisswenger, Hans**  
**Freiligrathstrasse 2**  
**W-6232 Bad Soden am Taunus (DE)**  
Erfinder : **Wechsler, Alexander Teodor**  
**4455 Douglas Avenue 4 C**  
**Riverdale New York 10471 (US)**

EP 0 304 111 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**B schreibung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung exothermer Prozesse mit nahstöchiometrischer Verbrennung der brennbaren Bestandteile der aufgegebenen Materialien in einem Wirbelschichtreaktor mit zirkulierender Wirbelschicht, bei dem Feststoff über ein aus Wirbelschichtreaktor, Abscheider und Rückführung gebildetes Zirkulationssystem umläuft und bei dem die Verbrennung mit mindestens zwei in unterschiedlicher Höhe zugeführten Teilströmen sauerstoffhaltiger Gase durchgeführt wird.

Mit zirkulierenden Wirbelschichten arbeitende Verfahren und Vorrichtungen, insbesondere auch zur Verbrennung kohlenstoffhaltiger Materialien, haben sich als äußerst vorteilhaft erwiesen. Sie sind gegenüber solchen, die mit sogenannten klassischen oder konventionellen Wirbelschichten betrieben werden, aus vielerlei Gründen überlegen.

Speziell für Verbrennungsprozesse ist das Basisverfahren in der DE-C2539546 (entsprechend US-A 4165717) beschrieben. Es sieht vor, die Verbrennung zweistufig vorzunehmen und die Verbrennungswärme mit Hilfe von Kühlflächen, die oberhalb der Sekundärgaszufuhr im Wirbelschichtreaktor angeordnet sind, abzuführen. Der besondere Vorzug des Verfahrens besteht darin, daß man den Verbrennungsprozeß in technisch einfacher Weise an den Leistungsbedarf anpassen kann, indem im oberen Reaktorraum die Suspensionsdichte und damit der Wärmeübergang auf die Kühlflächen geregelt wird.

Bei dem Verbrennungsprozeß mit zirkulierender Wirbelschicht gemäß DE-C-2624302 (entsprechend US-A-4111158) ist vorgesehen, die Verbrennungswärme zum Teil oder insgesamt in einem dem Wirbelschichtreaktor nachgeschalteten Wirbelschichtkühler zu entnehmen und gekühlten Feststoff zur Konstanthaltung der Temperatur in den Wirbelschichtreaktor zurückzuführen. Die Anpassung an den Leistungsbedarf erfolgt hierbei durch Vergrößerung oder Verringerung des über den Wirbelschichtkühler und danach wieder in den Wirbelschichtreaktor geführten Feststoffstromes.

Obleich sich die vorstehend skizzierten Verfahren in hohem Maße bewährt haben, können unter bestimmten Voraussetzungen Schwierigkeiten bei der Einstellung des Konzentrationsprofils des Feststoffes im Wirbelschichtreaktor auftreten. Diese Schwierigkeiten ergeben sich daraus, daß sich im unteren Reaktorbereich ein relativ dichtes Bett mit sehr grober kiesähnlicher Körnung bildet, das einen hohen Druckverlust bewirkt. Dieses Grobkorn kann direkt aus dem Aufgabegut stammen oder durch Agglomeration und Aufwachsen von Feinkorn entstanden sein. Aufgrund der Körnigkeit ist das Material einerseits zu schwer, um mit den Gasen des Wirbelschichtreaktors ausgetragen zu werden, andererseits nicht schwer genug, um sich am Boden des Wirbelschichtreaktors, wo es ausgetragen werden könnte, abzulagern. Die Menge dieses im unteren Reaktorbereich quasischwimmenden Korns ist hinsichtlich seiner Menge schwer zu kontrollieren. Ein erhöhter Feststoffaustrag aus dem unteren Reaktorbereich, der die Abführung erheblicher Mengen wertvollen für die Zirkulation benötigten Feinkornes einschließen würde, kann leicht zu einem Ungleichgewicht bezüglich Feststoffverteilung im Zirkulationssystem führen.

Ein nicht einwandfreies Konzentrationsprofil für den Feststoff beeinträchtigt die Arbeitsweise und Betriebsweise der zirkulierenden Wirbelschicht in vielerlei Hinsicht. Wenn beispielsweise der Druckverlust im unteren Bereich des Wirbelschichtreaktors hoch ist, ist bei üblicherweise konstant gehaltenem Reaktorinhalt die Suspensionsdichte im oberen Reaktorbereich gering. Hiermit ist ein geringer Wärmeübergangskoeffizient und somit ein geringer Wärmeübergang auf die Kühlflächen verbunden. Außerdem bedingt eine geringe Suspensionsdichte eine nicht ausreichende Rückvermischung im Reaktor und eine nicht optimale Reaktion zwischen Feststoff (Brennstoff) und Gas.

Sofern der Entzug der Verbrennungswärme in einem außenliegenden Wirbelschichtkühler erfolgen soll, steht infolge der geringen Suspensionsdichte für den Wärmeartrag bzw. Wärmetransport in diesen Wirbelschichtkühler nicht genügend Feststoff zur Verfügung.

Die bisherigen Bemühungen, das Konzentrationsprofil des Feststoffes zu verbessern, bestanden z.B. darin, den sauerstoffhaltigen Primärgasanteil zu erhöhen, durch Verengung des Querschnittes im unteren Reaktorbereich, d.h. in der untersten Kontaktzone zwischen sauerstoffhaltigem Gas und Brennstoff, die Gasgeschwindigkeit zu erhöhen, sauerstoffhaltiges Sekundärgas in mehreren Ebenen zuzuführen und/oder eine intensivere Aufbereitung von Brennstoff und Entschwefelungsmittel vorzunehmen. Die vorgenannten Maßnahmen sind jedoch mit erheblichem verfahrensmäßigen und operativen Aufwand verbunden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Durchführung exothermer Prozesse mit nahstöchiometrischer Verbrennung der brennbaren Bestandteile der aufgegebenen Materialien in einer zirkulierenden Wirbelschicht bereitzustellen, das die Nachteile der bekannten Verfahren vermeidet und insbesondere die einwandfreie Einstellung des Konzentrationsprofils des Feststoffes in verfahrensmäßig und apparativ einfacher Weise ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst, in dem das Verfahren der eingangs genannten Art entsprechend der Erfindung derart ausgestaltet wird, daß man aus dem Abscheider oder der Rückführung Feststoff entnimmt, in eine

Mischkammer einträgt, dort mit Brennstoff vermischt und mit Gas fluidisiert, das durch Fluidisierung vom Grobkorn abgetrennte Feinkorn zumindest teilweise und das Fluidisierungsgas vollständig dem Wirbelschichtreaktor zuführt und Grobkorn aus der Mischkammer ausschleust.

5 Durch die erfindungsgemäße Maßnahme des Fluidisierens in der Mischkammer gelingt es, Feinkorn weitgehend von Grobkorn zu trennen, so daß es im Wirbelschichtreaktor zur Bildung des bei der Schilderung der Problematik der Einstellung eines geeigneten Feststoffprofils genannten Grobkornes gar nicht erst kommt.

Das in der Mischkammer verwendete Gas kann luft- oder sauerstoffarmes Gas sein. Es eignet sich jedoch auch Inertgas. Besonders vorteilhaft ist es, die Fluidisierung des entnommenen Feststoffs und Brennstoffs in der Mischkammer mit Rauchgas vorzunehmen. Hierbei ist darauf zu achten, daß das Rauchgas möglichst entstaubt ist, bevor es in die Mischkammer eingetragen wird. Die Verwendung von Rauchgas hat den Vorzug, daß eine Verbrennung des in die Mischkammer eingetragenen Brennstoffes und die damit bestehende Gefahr der Bildung von lokalen Überhitzungen vermieden wird.

Das aus dem unteren Bereich der Mischkammer ausgetragene Grobkorn wird gekühlt und je nach Bedarf aufgemahlen und erneut dem Wirbelschichtreaktor zugeführt. Das Feinkorn, das sich im oberen Bereich der Mischkammer findet, wird in den Wirbelschichtreaktor zurückgeführt.

Die mit Gas fluidisierte Mischkammer kann auf unterschiedliche Weise ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft ist es, die Vermischung von entnommenen Feststoff und Brennstoff in einer als Tauchtopf ausgebildeten Mischkammer vorzunehmen. Bei einem Tauchtopf handelt es sich um einen U-förmig ausgebildeten Verschluß, dessen einer Schenkel den aus dem Rückführzyklon zufließenden Feststoff aufnimmt und dessen anderer Schenkel die Weiterführung des Feststoffes in die Rückföhrleitung bzw. in den Wirbelschichtreaktor bewirkt. Damit ein einwandfreier Feststoff-Fluß erfolgt, wird der Tauchtopf mit Fluidisierungsgas angeströmt. Innerhalb der vorliegenden Erfindung weist diese Mischkammer in der Ausgestaltung eines Tauchtopfes zusätzliche Vorrichtungselemente auf, die den Eintrag des Brennstoffes und den Austrag des Grobkornes gestatten.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann die Vermischung von entnommenem Feststoff und Brennstoff in einem Wirbelschichtkühler bzw. dessen kühlflächenfreier Vorkammer vorgenommen werden. Hierbei kann der Kühler eine baulich separate Vorrichtung sein, jedoch ann der Wirbelschichtkühler mit dem Wirbelschichtreaktor auch eine gemeinsame Wand aufweisen. Auch in diesem Falle weist der Kühler bzw. dessen Vorkammer zusätzliche Vorrichtungselemente zum Eintrag von Brennstoff und Austrag von Grobkorn auf.

30 Bei beiden vorgenannten Ausgestaltungen der Mischkammer hat der Eintrag des Brennstoffes in der Weise zu erfolgen, daß sich durch Vermischung bildendes Gas nur in Richtung des Wirbelschichtreaktors bewegen kann, d.h. daß eine Rückströmung z.B. in Richtung des Rückföhrzyklones ausgeschlossen ist.

Eine besonders effektive Trennung zwischen Grob- und Feinkorn ist erreichbar, wenn man die Fluidisierung von Feststoff und Brennstoff in der Mischkammer mit auf zwei unterschiedlichen Ebenen zugeführtem Gas vornimmt. Durch geeignete Dosierung der Gasströme ist hierdurch eine besonders vorteilhafte Trennung erreichbar.

In ähnlicher Weise läßt sich eine gute Trennung von Grob- und Feinkorn erzielen, wenn man die Fluidisierung von Feststoff und Brennstoff in einer Mischkammer mit sich nach oben verengendem Querschnitt vornimmt. Hierdurch steigt die Geschwindigkeit des Fluidisierungsgases nach oben an und bewirkt in besonders effektiver Weise einen weitgehenden Austrag des Feinkornes.

Die Vermischung von Brennstoff und Feststoff in der Mischkammer bewirkt eine Vortrocknung des Brennstoffes, unter bestimmten Voraussetzungen kann auch eine Teilschmelzung oder — bei Verwendung sauerstoffhaltiger Gase — Teilvergasung erfolgen.

45 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, das vom Grobkorn abgetrennte Feinkorn vor der Einführung in den Wirbelschichtreaktor in einem Wirbelschichtkühler zu kühlen. Bei dieser Ausgestaltung würde das erfindungsgemäße Verfahren in das Konzept der Durchführung exothermer Prozesse gemäß DE-PS2624302 integriert. Selbstverständlich läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren auch mit dem Verfahren gemäß DE-PS2539546 verbinden. Beide vorgenannte Verfahren werden hinsichtlich ihres Offenbarungsgehaltes in die Beschreibung einbezogen.

50 Mit dem im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verwendeten Begriff Feinkorn wird in der Regel ein Korn mit einem Teilchendurchmesser kleiner 1 mm und mit Grobkorn Teilchen mit einer Körnung von größer 1 mm verstanden. Bei dem Transport, der Kühlung, der eventuellen Siebung und der Mahlung des Grobkornes empfiehlt es sich, mit gekapselten und ggf. unter Unterdruck stehenden Vorrichtungen zu arbeiten, da das Grobkorn üblicherweise Schwefelverbindungen enthält, die beim Zutritt von Feuchtigkeit unerwünschte Gase abgeben können.

55 Das bei der Erfindung angewendete Prinzip der zirkulierenden Wirbelschicht zeichnet sich dadurch aus, daß — im Unterschied zur "klassischen" Wirbelschicht, bei der eine dichte Phase durch einen deutlichen Dichtesprung von dem darüber befindlichen Gasraum getrennt ist — Verteilungszustände ohne definierte Grenz-

schicht vorliegen. Ein Dichtesprung zwischen dichter Phase und darüber befindlichem Staubraum ist nicht existent; jedoch nimmt innerhalb des Reaktors die Feststoffkonzentration von unten nach oben ständig ab.

Bei der Definition der Betriebsbedingungen über die Kennzahlen von Froude und Archimedes ergeben sich die Bereiche:

$$0,1 \leq \frac{3}{4} \cdot Fr^2 \cdot \frac{\rho_g}{\rho_k - \rho_g} \leq 10,$$

bzw.

$$0,01 \leq Ar \leq 100,$$

wobei

$$Ar = \frac{d_k^3 \cdot g (\rho_k - \rho_g)}{\rho_g \cdot \gamma^2} \quad \text{und}$$

$$Fr^2 = \frac{u^2}{g \cdot d_k}$$

sind.

Es bedeuten:

- u die relative Gasgeschwindigkeit in m/s
- Ar die Archimedes-Zahl
- Fr Froude-Zahl
- $\rho_g$  die Dichte des Gases in kg/m<sup>3</sup>
- $\rho_k$  die Dichte des Feststoffteilchens in kg/m<sup>3</sup>
- $d_k$  den Durchmesser des kugelförmigen Teilchens in m
- $\gamma$  die kinematische Zähigkeit in m<sup>2</sup>/s
- g die Gravitationskonstante in m/s<sup>2</sup>

Die exotherme Reaktion wird mindestens zweistufig mit in unterschiedlicher Höhe zugeführten sauerstoffhaltigen Gasen durchgeführt. Ihr Vorzug liegt in einer "weichen" Umsetzung, bei der lokale Überhitzungserscheinungen vermieden werden und eine NO<sub>x</sub>-Bildung weitgehend zurückgedrängt wird. Dabei sollte die obere Zufuhrstelle für sauerstoffhaltiges Gas so weit über der unteren liegen, daß der Sauerstoffgehalt des an der unteren Stelle zugeführten Gases bereits weitgehend verzehrt ist.

Ist als Prozeßwärme Dampf erwünscht, besteht eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung darin, oberhalb der oberen Gaszuführung durch Einstellung der Fluidisierungs- und Sekundärgasmengen eine bestimmte mittlere Suspensionsdichte zu schaffen und die Reaktionswärme durch im freien Raum des Wirbelschichtreaktors oberhalb der obersten Sekundärgaszuführung und/oder an der Wand des Wirbelschichtreaktors angeordnete Heizflächen abzuführen.

Eine derartige Arbeitsweise ist in der DE-C-2539546 bzw. in der entsprechenden US-A-4165717 näher beschrieben.

Die im Wirbelschichtreaktor oberhalb der Sekundärgaszuführung herrschenden Gasgeschwindigkeiten liegen bei Normaldruck im Regelfall über 5 m/s und können bis zu 15 m/s betragen, und das Verhältnis von Durchmesser zu Höhe des Wirbelschichtreaktors sollte derart gewählt werden, daß Gasverweilzeiten von 0,5 bis 8,0 s, vorzugsweise 1 bis 4 s, erhalten werden.

Innerhalb jeder Eintragsebene sind mehrere Zuführungsöffnungen für Sekundärgas vorteilhaft.

Der Vorteil dieser Arbeitsweise besteht insbesondere darin, daß in einfachster Weise in Veränderung in der Gewinnung der Prozeßwärmemenge durch Veränderung der Suspensionsdichte im oberhalb der Sekundärgaszuführung befindlichen Ofenraum des Wirbelschichtreaktors möglich ist.

Mit einem herrschenden Betriebszustand unter vorgegebenen Fluidisierungsgas- und Sekundärgasvolumina und daraus resultierender bestimmter, mittlerer Suspensionsdichte ist ein bestimmter Wärmeübergang verbunden. Der Wärmeübergang auf die Kühlflächen kann erhöht werden, indem durch Erhöhung der Fluidisierungsgasmenge und gegebenenfalls auch der Sekundärgasmenge die Suspensionsdichte erhöht wird. Mit

dem erhöhten Wärmeübergang ist bei praktisch konstanter Verbrennungstemperatur die Möglichkeit zur Abfuhr der bei erhöhter Verbrennungsleistung entstehenden Wärmemengen gegeben. Der aufgrund der höheren Verbrennungsleistung erforderliche erhöhte Sauerstoffbedarf ist hierbei durch die zur Erhöhung der Suspensionsdichte verwendeten höheren Fluidisierungsgas- und gegebenenfalls Sekundärgasmengen quasi automatisch vorhanden.

Analog läßt sich zur Anpassung an einen verringerten Prozeßwärmebedarf die Verbrennungsleistung durch Verringerung der Suspensionsdichte im oberhalb der Sekundärgasleitung befindlichen Ofenraum des Wirbelschichtreaktors regeln. Durch die Erniedrigung der Suspensionsdichte wird auch der Wärmeübergang verringert, so daß aus dem Wirbelschichtreaktor weniger Wärme abgeführt wird. Im wesentlichen ohne Temperaturänderung läßt sich dadurch die Verbrennungsleistung zurücknehmen.

Eine weitere zweckmäßige, universeller anwendbare Ausgestaltung der Erfindung besteht in einer Verfahrensführung mit mindestens einem über Feststoffzuführ- und Feststoffrückführleitungen angeschlossenen Wirbelschichtkühler. Im Wirbelschichtreaktor wird oberhalb der oberen Sekundärgaszuführung eine bestimmte Suspensionsdichte durch geeignete Regelung der Fluidisierungs- und Sekundärgasmengen eingestellt, heißer Feststoff der zirkulierenden Wirbelschicht entnommen, im Wirbelzustand durch direkten und indirekten Wärmeaustausch gekühlt und mindestens ein Teilstrom gekühlten Feststoffes in die zirkulierende Wirbelschicht zurückgeführt.

Diese Ausführungsform ist in der DE-C-2624302 bzw. in der entsprechenden US-A-4111158 näher erläutert.

Hierbei läßt sich die Temperaturkonstanz praktisch ohne Änderung der im Wirbelschichtreaktor herrschenden Betriebszustände, also etwa ohne Veränderung der Suspensionsdichte u.a., allein durch geregelte Abführung heißen Feststoffes und geregelte Rückführung des gekühlten Feststoffes erreichen. Je nach Leistung und eingestellter Reaktionstemperatur ist die Rezirkulationsrate mehr oder minder hoch. Die Temperaturen lassen sich von sehr niedrigen Temperaturen, die nahe oberhalb der Zündgrenze liegen, bis zu sehr hohen Temperaturen, die etwa durch Erweichung der Reaktionsrückstände begrenzt sind, beliebig einstellen. Sie können etwa zwischen 450 und 950°C liegen.

Da hierbei die Entnahme der bei der exothermen Umsetzung gebildeten Wärme überwiegend im feststoffseitig nachgeschalteten Wirbelschichtkühler erfolgt und ein Wärmeübergang auf im Wirbelschichtreaktor befindliche Kühlregister, die eine hinreichend hohe Suspensionsdichte zur Voraussetzung hat, von untergeordneter Bedeutung ist, ergibt sich als weiterer Vorteil dieses Verfahrens, daß die Suspensionsdichte im Bereich des Wirbelschichtreaktors oberhalb der Sekundärgaszuführung niedrig gehalten werden kann und mithin der Druckverlust im gesamten Wirbelschichtreaktor vergleichsweise gering ist. Statt dessen erfolgt der Wärmeentzug im Wirbelschichtkühler unter Bedingungen, die einen extrem hohen Wärmeübergang, etwa im Bereich von 300 bis 500 Watt/m<sup>2</sup> · °C, bewirken.

Die Temperatur im Wirbelschichtreaktor wird geregelt, indem mindestens ein Teilstrom gekühlten Feststoffes aus dem Wirbelschichtkühler rückgeführt wird. Beispielsweise kann der erforderliche Teilstrom gekühlten Feststoffes direkt in den Wirbelschichtreaktor eingetragen werden. Es kann zusätzlich auch das Abgas durch Eintrag gekühlten Feststoffes, der beispielsweise einer pneumatischen Förderstrecke oder einer Schwebeaustauscherstufe aufgegeben wird, gekühlt werden, wobei der vom Abgas später wieder abgetrennte Feststoff dann in den Wirbelschichtkühler zurückgeleitet wird. Dadurch gelangt auch die Abgaswärme letztlich in den Wirbelschichtkühler. Besonders vorteilhaft ist es, gekühlten Feststoff als einen Teilstrom direkt und als einen weiteren indirekt nach Kühlung der Abgase in den Wirbelschichtreaktor einzutragen.

Auch bei dieser Ausgestaltung der Erfindung sind die Gasverweilzeiten, Gasgeschwindigkeiten oberhalb der Sekundärgasleitung bei Normaldruck und Art der Fluidisierungs- bzw. Sekundärgaszuführung in Übereinstimmung mit den gleichen Parametern der zuvor behandelten Ausführungsform.

Die Rückkühlung des heißen Feststoffes des Wirbelschichtreaktors sollte in einem Wirbelschichtkühler mit mehreren nacheinander durchflossenen Kühlkammern, in die miteinander verbundene Kühlregister eintauschen, im Gegenstrom zum Kühlmittel erfolgen. Hierdurch gelingt es, die Verbrennungswärme an eine vergleichsweise kleine Kühlmittelmenge zu binden.

Eine andere Ausgestaltung mit angeschlossenen Wirbelschichtkühler besteht darin, diesen mit dem Wirbelschichtreaktor zu einer baulichen Einheit zu verbinden. In diesem Fall besitzen der Wirbelschichtreaktor und der Wirbelschichtkühler eine gemeinsame, zweckmäßigerweise gekühlte Wand, die eine Durchtrittsöffnung für gekühlten Feststoff in den Wirbelschichtreaktor aufweist. Hierbei kann der Wirbelschichtkühler — wie vorstehend erörtert — mehrere Kühlkammern besitzen, er kann aber auch aus mehreren mit Kühlflächen ausgestatteten Einheiten bestehen, die jeweils mit dem Wirbelschichtreaktor eine gemeinsame Wand mit Durchtrittsöffnung für Feststoff und eine eigene Feststoffversorgungsleitung aufweisen. Eine derartige Vorrichtung ist in der EP-A-206066 beschrieben.

Die Universalität der Ausgestaltung mit Wirbelschichtkühler ist insbesondere dadurch gegeben, daß sich

im Wirbelschichtkühler nahezu beliebige Wärmeträgermedien aufheizen lassen. Von besonderer Bedeutung aus technischer Sicht ist die Erzeugung von Dampf unterschiedlichster Form und die Aufheizung von Wärmeträgersalz.

Innerhalb der Erfindung können als sauerstoffhaltige Gase für die Versorgung des Wirbelschichtreaktors Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft oder technisch reiner Sauerstoff eingesetzt werden. Schließlich kann eine Leistungssteigerung erzielt werden, wenn die Umsetzung unter Druck, etwa bis 20 bar, durchgeführt wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können prinzipiell alle selbstgängig brennbaren Materialien behandelt werden. Beispiele sind Kohlen aller Art, insbesondere solche minderer Qualität, wie Kohlewaschberge, Schlammkohle, Kohle mit hohem Salzgehalt, aber auch Braunkohle und Ölschiefer. Sie kann auch der Abröstung sulfidischer Erze oder Erzkonzentrate dienen.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens gelingt es, im Wirbelschichtreaktor ein einwandfreies Feststoffprofil einzustellen, was sich hinsichtlich Druckverlust im Wirbelschichtreaktor, Wärmeübergang, Schwefelbindung und beispielsweise Kohlenstoffausbrand günstig auswirkt.

Die Erfindung wird anhand der Figuren und des Ausführungsbeispiels näher und beispielsweise erläutert. Es veranschaulichen

Figur 1 ein Fließschema des erfindungsgemäßen Verfahrens

Figur 2 eine für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Mischkammer und

Figur 3 eine andere für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Mischkammer.

In Figur 1 ist ein Wirbelschichtreaktor (10) dargestellt, dessen Abgas über Leitung (12) zusammen mit suspendiertem Feststoff in einen Rückführzyklon (14) geführt wird, in dem die Hauptmenge der ausgetragenen Feststoffe vom Gas abgetrennt wird. Das von der Hauptmenge des Feststoffes befreite Gas gelangt über Leitung (16) durch einen Abhitzeessel (nicht dargestellt) und anschließend in eine Gasreinigungsvorrichtung, beispielsweise in eine elektrostatische Gasreinigung oder ein Tuchfilter, wo die verbleibenden Feststoffteilchen abgetrennt werden. Der im Rückführzyklon abgeschiedene Feststoff wird über eine Leitung in die Mischkammer (18) eingetragen, in die mit Hilfe einer Aufgabevorrichtung (20) das kohlenstoffhaltige Material zugegeben wird.

Der heiße Feststoff kann direkt von dem unteren Bereich des Rückführzyklones (14) in die Mischkammer (18) eingetragen werden. In einem derartigen Fall ist es erforderlich, mit Hilfe einer Materialsäule eine schleusenähnliche Sperre zu schaffen. Es kann jedoch auch eine Pendelklappe im unteren Zyklonbereich vorgesehen sein, wobei die vorgenannte Materialsäule als Schleuse entfallen kann. In jedem Fall ist es erforderlich, eine Sperre zu schaffen, die Abfluß von Gas in die falsche Richtung verhindert.

Gereinigtes Rauchgas wird über Leitung (22) der Mischkammer (18) als Fluidisierungsgas zugeführt. Anstelle hiervon sind auch Luft- oder Inertgas oder sauerstoffarme Gase geeignet. Das Rauchgas wird in die Mischkammer (18) an wenigstens einer Stelle durch Eintrittsöffnungen (24) eingetragen. Es ist jedoch auch möglich, das Rauchgas zusätzlich auf einem zweiten höherliegenden Niveau (26) einzutragen. Der Eintrag von Rauchgas schafft zwei unterschiedliche Fluidisierungszonen in der Mischkammer (18).

Wenigstens ein Teil des Feinkorns wird über Leitung (28) von der Mischkammer (18) in den Wirbelschichtreaktor (10) unterhalb dessen Sekundärgasleitung eingetragen. Ein anderer Teil des Feinstoffes kann in einen außenliegenden Wirbelschichtkühler (25) geführt werden, in dem es seine fühlbare Wärme teilweise abgibt. Das gekühlte Feinkorn kann anschließend in den Wirbelschichtreaktor (10) zurückgeführt werden.

Wenigstens ein Teil des Grobkorns wird aus der Mischkammer (18) durch die Leitung (30) ausgetragen und gekühlt. Die Kühlung erfolgt in der Vorrichtung (32), die vorzugsweise als Schneckenwärmeaustauscher konzipiert ist. Der gekühlte Feststoff wird anschließend über eine Transportvorrichtung (34) geführt und in einer Siebvorrichtung (36) in eine Fraktion von kleiner 1 mm und eine solche größer 1 mm getrennt. Die Fraktion mit einer Körnung kleiner 1 mm gelangt in einen Vorratsbehälter (38), das Grobkorn wird in einer Vorrichtung (40) in der Weise aufgemahlen, daß ebenfalls ein Korn mit der Körnung kleiner 1 mm entsteht, das gleichfalls in den Vorratsbehälter (38) gelangt. Vom Vorratsbehälter (38) wird der jeweils benötigte Teil an aufgemahlenem Feststoff mittels Austragsvorrichtung (42) und Leitung (44) in den Wirbelschichtreaktor (10) unterhalb der Sekundärluftzuführung zurückgeführt.

Figur 2 zeigt eine bevorzugte Ausbildung der Mischkammer (18). Die Mischkammer (18) ist mit einem Brennstoffeintrag (48) versehen. Der Rost der Mischkammer (18) ist mit (50) bezeichnet. Über die Sammelleitung (52) und die Rohrleitungen (54) wird unter Druck stehendes Gas durch den Rost (50) in den unteren Bereich der Mischkammer (18) eingetragen. Eine Leitung (56) führt das durch Fluidisierung abgetrennte Feinkorn in den Wirbelschichtreaktor (10). Die Mischkammer (18) ist weiterhin mit einer Abzugsvorrichtung (58) versehen, durch die Grobkorn entnommen werden kann. Die Mischkammer (18) kann auch mit Eintragsvorrichtungen (60) versehen werden, durch die die Zuführung von Sekundärgas möglich ist. Die Höhe der Sekundärluftzuführung

därgaszuführung ist von wesentlichem Einfluß auf die Grenzfläche der Fluidisierungszonen von Grob- und Feinkorn. Die Eintragsvorrichtungen (60) dürfen nicht höher als der untere Teil (62) der Verbindungsleitung (56) sein. Durch eine gegebenenfalls vorhandene Austragsvorrichtung (63) kann Feststoff in einen Wirbelschichtkühler (25) ausgetragen werden.

Die Mischkammer (18) ist mit Trennwänden (51) und (53) ausgestattet, deren Anordnung in der Weise gewählt ist, daß sich eine als Schieuse wirkende Materialsäule, die den Durchbruch von Gas in Richtung auf den Rückführzyklon verhindert, ausbilden kann.

Figur 3 zeigt eine andere Ausgestaltung der Mischkammer (18), die einen Rost (50), Sammelleitungen (52) und Fluidisierungsgaszuführungen (54) aufweist. Mit (62) ist die untere Wand der Feststoffleitung (56), die den Übertritt von Feinkorn von der Mischkammer (18) in den Wirbelschichtreaktor (10) bewirkt, dargestellt. Der Brennstoffeintrag ist wiederum mit (48) kenntlich gemacht. Im übrigen weist die Mischkammer (18) der Figur 3 einen sich nach oben verjüngenden Mischkammerabschnitt (64) auf. Bei dieser Ausgestaltung ist ein Eintrag von Sekundärgas auf einem über dem Rost liegenden Niveau nicht erforderlich. Infolge des sich nach oben verengenden Querschnittes steigt die Gasgeschwindigkeit nach oben hin an, so daß sich auch bei dieser Ausführungsform eine erste und eine zweite Wirbelzone ausbilden kann. Diese beiden Zonen sind mit (66) und (68) bezeichnet. Die Geschwindigkeit des Fluidisierungsgases in der unteren Zone der Mischkammer (18) (Zone 66) ist in der Größenordnung von etwa 0,1 bis 1 m/sec. Die Geschwindigkeit des Fluidisierungsgases im oberen Teil der oberen Zone (68) beträgt etwa 0,5 bis 5 m/sec. Die Zone (66) enthält im wesentlichen Grobkorn mit einer Körnung größer 1 mm, wohingegen die Zone (68) das Feinkorn mit einer Körnung unter 1 mm aufweist.

Während das Brennstoff enthaltende Feinkorn über Leitung (56) in den Wirbelschichtreaktor (10) geführt wird, wobei die Eintragsstelle unterhalb der Sekundärluftzuführung des Wirbelschichtreaktors liegen sollte, wird das Grobmaterial aus der Mischkammer (18) durch die Abzugsvorrichtung (58) abgeführt und wie vorstehend mit Bezug auf Figur 1 beschrieben weiter behandelt.

#### Beispiel

Eine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren betriebene Energieerzeugungsanlage ist auf eine Leistung von 80 MW<sub>e</sub> ausgelegt. Aus dem Rückführzyklon (18) werden stündlich 800 bis 1000 t Feststoff, der im wesentlichen aus Asche besteht, mit einer Temperatur von 850°C ausgetragen und in die Mischkammer (18) überführt. Die Mischkammer (18) wird außerdem mit 20 t/h Brennstoff, der in Form von Kohle aufgegeben wird, versorgt. Der Brennstoff hat einen Ascheanteil von 15,6 Gew.-% und eine Feuchtigkeit von 5,6 Gew.-%.

In die Mischkammer (18) wird gereinigtes Rauchgas als Fluidisierungsgas durch den Rost (50) in einer Menge von 1527 Nm<sup>3</sup>/h mit einer Temperatur von 150°C eingetragen. Die Fluidisierungsgasgeschwindigkeit beträgt 0,2 m/s. Sekundärgas wird auf einem Niveau, das etwa 1,5 m unter der unteren Wand (62) der Feststoffleitung (56) liegt, eingetragen. Die Sekundärgasmenge beträgt 11454 Nm<sup>3</sup>/h und schafft oberhalb ihrer Eintrittsstelle eine Fluidisierungsgasgeschwindigkeit von 1,5 m/s.

Nahezu 500 t/h Feinkorn mit einer Körnung kleiner 1 mm werden in den Wirbelschichtreaktor (10) von der Mischkammer (18) durch Leitung (56) eingetragen. 15 t/h Grobmaterial werden über Leitung (30) dem Schneckenwärmetauscher (32) zugeführt. Dort erfolgt eine indirekte Kühlung durch Gegenstromführung von 984 l/min Wasser, das dem Schneckenwärmetauscher (32) mit 15,6°C zugeführt und mit 54,4°C entnommen wird. Das im wesentlichen trockene und gekühlte Grobkorn, das eine Temperatur von 150 bis 260°C aufweist, wird anschließend in einem pneumatischen Fördersystem (34) in die Siebvorrichtung (36) überführt. Der Kornanteil unter 1 mm wird direkt in den Vorratsbehälter (38) eingetragen, wohingegen das Grobmaterial in einer Mühle (40) auf eine Körnung unter 1 mm zerkleinert wird. Aus dem Vorratsbehälter (38) werden 15 t/h aufbereitetes Grobkorn in den Wirbelschichtreaktor (10) zurückgeführt. Der Wirbelschichtreaktor (10), der mit einem Druckverlust von etwa 1200 mm Wassersäule — oberhalb Rost gemessen — betrieben wird, erreicht eine Verbesserung des Wärmeübergangskoeffizienten oberhalb Sekundärluftzuführung von 25%.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung exothermer Prozesse mit nahstöchiometrischer Verbrennung der brennbaren Bestandteile der aufgegebenen Materialien in einem Wirbelschichtreaktor mit zirkulierender Wirbelschicht, bei dem Feststoff über ein aus Wirbelschichtreaktor, Abscheider und Rückführleitung gebildetes Zirkulationssystem umläuft und bei dem die Verbrennung mit mindestens zwei in unterschiedlicher Höhe zugeführten Teilströmen sauerstoffhaltiger Gase durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß man aus dem Abscheider oder aus der Rückführleitung Feststoff entnimmt, in eine Mischkammer einträgt, dort mit Brennstoff vermischt

und mit Gas fluidisiert, das durch Fluidisierung vom Grobkorn abgetrennte Feinkorn zumindest teilweise und das Fluidisierungsgas vollständig dem Wirbelschichtreaktor zuführt und Grobkorn aus der Mischkammer ausschleust.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man das ausgeschleuste Grobkorn kühlt, zumindestens teilweise mahlt und dem Wirbelschichtreaktor erneut zuführt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vermischung von entnommenem Feststoff und Brennstoff in einer als Tauchtopf ausgebildeten Mischkammer vornimmt.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man die Vermischung von entnommenem Feststoff und Brennstoff in einem Wirbelschichtkühler bzw. dessen kühlflächenfreier Vorkammer vornimmt, wobei Wirbelschichtkühler und Wirbelschichtreaktor gegebenenfalls eine gemeinsame Wand aufweisen.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß man die Fluidisierung von entnommenem Feststoff und Brennstoff in der Mischkammer mit auf zwei unterschiedlichen Ebenen zugeführtem Gas vornimmt.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß man die Fluidisierung von entnommenem Feststoff und Brennstoff in einer Mischkammer mit sich nach oben verengendem Querschnitt vornimmt.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß man das vom Grobkorn abgetrennte Feinkorn vor der Einführung in den Wirbelschichtreaktor in einem Wirbelschichtkühler kühlt.

## Claims

1. Method for performing exothermic processes with virtually stoichiometric combustion of the combustible constituents of the charged materials in a fluidised bed reactor with a circulating fluidised bed, in which solids circulate through a circulation system comprising a fluidised bed reactor, separator and return line and in which the combustion is carried out with at least two partial streams of oxygen-containing gases which are supplied at different heights, characterised in that solids are removed from the separator or from the return line, are introduced into a mixing chamber, are mixed therein with fuel and fluidised with gas, the fine grain which is separated off from the coarse grain by fluidising is fed at least partially and the fluidising gas is fed in its entirety to the fluidised bed reactor and coarse grain is discharged from the mixing chamber.

2. Method according to Claim 1, characterised in that the discharged coarse grain is cooled, at least partially ground and re-supplied to the fluidised bed reactor.

3. Method according to Claim 1 or 2, characterised in that the mixing of the solids which have been removed and the fuel is carried out in a mixing chamber which is designed as a seal pot.

4. Method according to one or more of Claims 1 to 3, characterised in that the mixing of the solids which have been removed and the fuel is carried out in a fluidised bed cooler or the antechamber thereof which is free of cooling surfaces, with the fluidised bed cooler and fluidised bed reactor optionally having a common wall.

5. Method according to one or more of Claims 1 to 4, characterised in that the fluidising of the solids which have been removed and the fuel is carried out in the mixing chamber with gas which is supplied at two different levels.

6. Method according to one or more of Claims 1 to 5, characterised in that the fluidising of the solids which have been removed and the fuel is carried out in a mixing chamber which has a cross-section which narrows towards the top.

7. Method according to one or more of Claims 1 to 6, characterised in that the fine grain which has been separated off from the coarse grain is cooled in a fluidised bed cooler before introduction into the fluidised bed reactor.

## Revendications

1. Procédé pour effectuer des processus exothermiques avec combustion presque stœchiométrique des constituants combustibles des matériaux chargés dans un réacteur à lit fluidisé circulant, qui consiste à faire passer la matière solide dans un système de circulation formé d'un réacteur à lit fluidisé, d'un séparateur et d'un conduit de recyclage et à effectuer la combustion avec au moins deux courants de gaz contenant de l'oxygène amenés à des niveaux différents, caractérisé en ce qu'il consiste à prélever de la matière solide du sépa-



rateur ou du conduit de recyclage, à l'introduire dans une chambre de mélange, à l'y mélanger à du combustible et à la fluidiser par du gaz, à envoyer le grain fin, séparé par fluidisation du grain grossier, au moins partiellement au réacteur à lit fluidisé et le gaz de fluidisation dans sa totalité au réacteur à lit fluidisé, et à évacuer le grain grossier de la chambre de mélange.

5 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à refroidir le grain grossier évacué, à le broyer au moins partiellement et à le retourner au réacteur à lit fluidisé.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer le mélange de la matière solide prélevée et du combustible dans une chambre de mélange constituée sous la forme d'une cuve en U.

10 4. Procédé suivant l'une ou plusieurs des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer le mélange de la matière solide prélevée et du combustible dans un dispositif de refroidissement à lit fluidisé, ou dans sa pré-chambre qui est dépourvue de surface de refroidissement, le dispositif de refroidissement à lit fluidisé et le réacteur à lit fluidisé comportant, le cas échéant, une paroi commune.

15 5. Procédé suivant l'une ou plusieurs des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la fluidisation de la matière solide prélevée et du combustible dans la chambre de mélange par du gaz amené dans deux plans différents.

6. Procédé suivant l'une ou plusieurs des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la fluidisation de la matière solide prélevée et du combustible dans une chambre de mélange de section transversale se rétrécissant vers le haut.

20 7. Procédé suivant l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il consiste à refroidir, dans un dispositif de refroidissement à lit fluidisé, le grain fin séparé du grain grossier, avant l'introduction dans le réacteur à lit fluidisé.

25

30

35

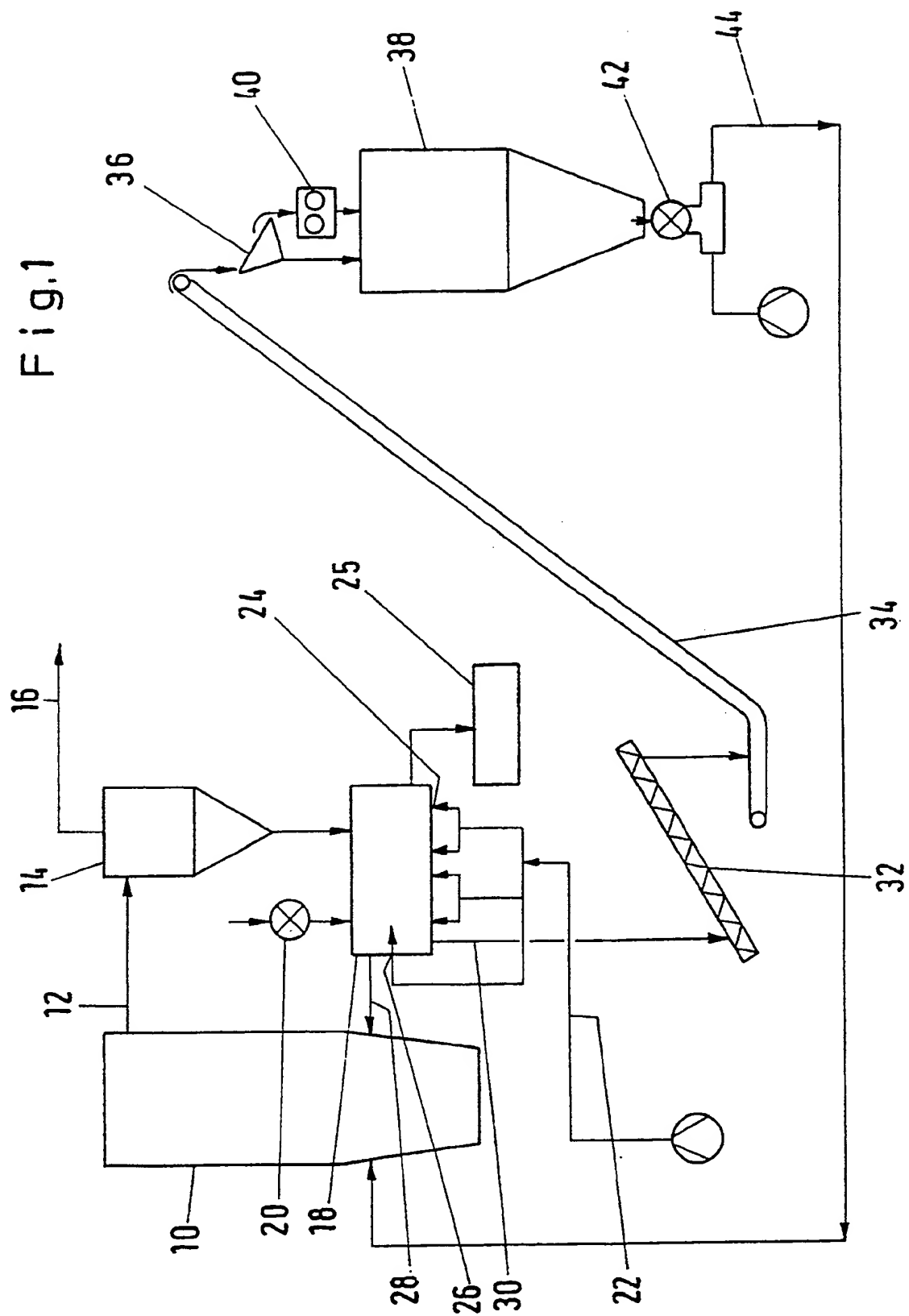
40

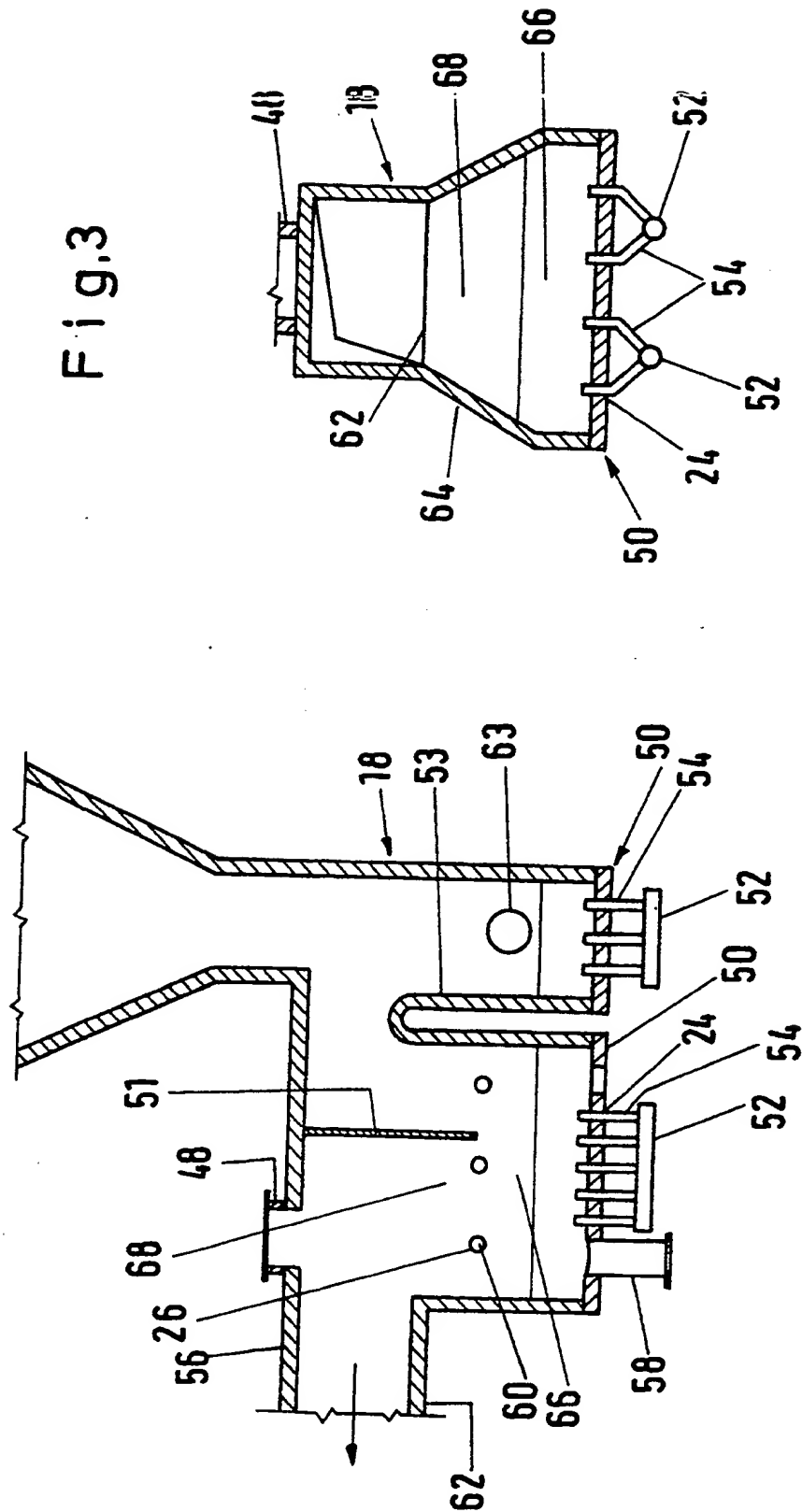
45

50

55

Fig.1





Fi 9.3

Fig. 2